



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ФИКСАТОРА

**В.В. Гусев<sup>1</sup>, К.С. Сергеев<sup>2, 3</sup>, Р.В. Паськов<sup>2, 3</sup>**

<sup>1</sup>Центральная городская больница, Ноябрьск

<sup>2</sup>Тюменская государственная медицинская академия

<sup>3</sup>Тюменский областной травматолого-ортопедический центр

**Цель исследования.** Сравнение устойчивости серийно выпускаемой и модифицированной спинальных систем при длительных циклических нагрузках.

**Материал и методы.** Для исследования подготовлены транспедикулярные 4-винтовые системы с моноаксиальными винтами одинаковой геометрии (в сборе). Контрольную группу составили серийные фиксаторы отечественного производства, основную — модифицированные фиксаторы. Все конструкции были установлены в текстолитовые макеты позвонков с учетом средних значений педикулярного угла, интерпедикулярного расстояния, с одинаковым расстоянием между позвонками и применением одного поперечного коннектора. Макеты подвергались осевой циклической нагрузке.

**Результаты.** В динамическом режиме нагружения с усилием 150 кг (1500 Н) и частотой 6 циклов в секунду предел прочности транспедикулярных фиксаторов основной группы был статистически достоверно выше в среднем на 22,1 % в сравнении с контрольной группой ( $p \leq 0,05$ ).

**Заключение.** Проведенное исследование явилось научным обоснованием для модификации транспедикулярного винта. Предложенная модификация конструкции транспедикулярного винта статистически достоверно повышает предел прочности фиксатора, что приводит к снижению числа осложнений после транспедикулярной фиксации и позволяет расширить показания для проведения транспедикулярного остеосинтеза в изолированном виде.

**Ключевые слова:** модификация, транспедикулярный фиксатор, эксперимент.

## EXPERIMENTAL VALIDATION OF TRANSPEDICULAR FIXATION SYSTEM MODIFICATION

V.V. Gusev, K.S. Sergeev, R.V. Pas'kov

**Objective.** To compare the strength resistance of series-produced and modified spinal systems to continuous cyclic loading.

**Material and Methods.** Assembled transpedicular four-screw systems with monoaxial screws of equal configuration were tested. The study group included modified fixation system, and the control group — series-produced domestic fixation systems. All devices were fixed in textolite vertebra models with the account for average pedicle angle and interpedicular distance, with equal interval between vertebrae, and using one transverse connector. The models were exposed to axial cyclic loading.

**Results.** In dynamic loading conditions with 150 kg load (1,500 Newton) and the frequency of 6 cycles per second, the maximum strength of transpedicular fixation system from the study group was at average statistically reliably 22.1 % higher than that from the control group ( $p \leq 0,05$ ).

**Conclusion.** The performed study appeared to be a scientific rationale for transpedicular screw modification. Suggested modification statistically reliably increases the maximum strength of fixation system, which reduces complication rate after transpedicular fixation and allows extending indications for transpedicular spinal fusion alone.

**Key Words:** modification, transpedicular fixation system, experiment.

Hir. Pozvonoc. 2011;(3):77–81.

В последние годы отмечается тенденция к увеличению числа и тяжести травм позвоночника. Транспедикулярный остеосинтез занял прочное место среди методов хирургического лечения травм позвоночного столба, так как позволяет выполнить полноценную репозицию и стабильную

фиксацию поврежденного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) из заднего доступа. В настоящее время имеется значительное количество публикаций, посвященных клиническому применению транспедикулярной фиксации [1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 16, 18, 20, 21].

Широкое распространение метода привело к выявлению его недостатков, основными из которых нужно признать переломы и деформации элементов конструкции [5, 11, 13, 15, 17, 19].

Позвоночник человека испытывает сложные переменные циклические

нагрузки, основными из которых являются вертикальное сдавливание, изгибы и скручивание [14]. Такие же циклические нагрузки испытывает транспедикулярный фиксатор, предназначенный для стабилизации поврежденного ПДС. В связи с этим проблемы повышения устойчивости спинальных систем к длительным циклическим нагрузкам и детальное изучение их механических свойств являются актуальными.

Цель исследования — сравнение устойчивости серийно выпускаемой и модифицированной спинальных систем по отношению к длительным циклическим нагрузкам.

### Материал и методы

На кафедре травматологии, ортопедии и ВПХ Тюменской ГМА разработана модификация транспедикулярного винта [8]. Модификация заключается в увеличении безрезьбовой массивной части винта (рис. 1).

С целью научного обоснования данной модификации проведено сравнительное экспериментальное исследование.

Детально изучали устойчивость серийно выпускаемой и модифицированной спинальных систем по отношению к длительным циклическим нагрузкам. Произвели анализ результатов и макроскопическое исследование разрушенных образцов.

В эксперименте использованы транспедикулярные фиксаторы с моноаксиальными винтами одинаковой геометрии (длина 50 мм, диаметр 6 мм), которые составили две группы: контрольную — серийный транспедикулярный фиксатор отечественного производства, основную — модифицированный транспедикулярный фиксатор.

Фиксаторы установили в текстолитовые макеты позвонков с учетом средних значений педикулярного угла, интерпедикулярного расстояния; винты соединяли 6 мм продольными штангами и одним поперечным коннектором. Макеты фиксировали в специально разработанное устройство таким обра-

зом, чтобы точка приложения усилия находилась в сагиттальной плоскости на границе задней и средней трети тела позвонка, а во фронтальной — по его центру (рис. 2).

Динамические испытания проводили на стенде «Shenck PM» (рис. 3) с усилием 150 кг (1500 Н) и частотой 6 циклов в секунду.

Известно, что при вертикальном сдавлении ПДС нижнего грудного и поясничного отделов позвоночного столба с усилием свыше 150 кг (1500 Н) происходит разрушение межпозвонкового диска [2], следовательно, нагрузка до 150 кг (1500 Н) является физиологически максимальной допустимой. Запись параметров

(число циклов) осуществляли автоматически механическим счетчиком стенда.

Для проведения сравнительной оценки механических свойств транспедикулярных фиксаторов в динамическом режиме определяли число циклов до разрушения (предел прочности) в одинаковых условиях нагружения.

Тестирование проводили на базе лаборатории Института проблем сверхпластичности металлов (Уфа).

### Результаты и их обсуждение

Результаты тестирования транспедикулярных фиксаторов в динамическом



Рис. 1

Модифицированный моноаксиальный транспедикулярный винт с увеличенной безрезьбовой частью

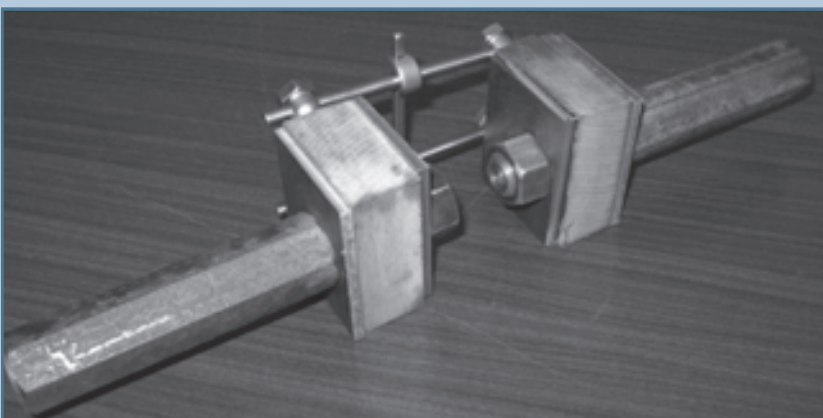


Рис. 2

Устройство для фиксации макетов позвоночно-двигательных сегментов в траверсы испытательной машины в сборе

режиме нагружения с усилием 150 кг (1500 Н) и частотой 6 циклов в секунду в двух группах из шести серий представлены в табл.

Разрушение спинальных систем контрольной группы наступало пос-

ле  $59\,125,0 \pm 161,5$  циклов, основной — при одинаковом режиме нагружения после  $74\,954,0 \pm 144,4$  циклов. Предел прочности транспедикулярных фиксаторов основной группы был статистически достоверно выше

в сравнении с контрольной группой ( $p \leq 0,05$ ).

Все образцы были разрушены. При исследовании разрушенных образцов локализована зона максимальной концентрации напряжений, которая во всех случаях находилась на расстоянии от 1,0 до 1,5 см от головки винта в толще текстолита (рис. 4).

Цель исследования заключалась в сравнении показателей предела прочности (числа циклов до разрушения) серийно выпускаемой и модифицированной спинальных систем при длительных циклических нагрузках. По данным литературы [11, 13, 15, 17, 19], переломы и деформации элементов конструкций при проведении транспедикулярной фиксации достигают 25 %. Увеличение предела прочности транспедикулярных фиксаторов, по нашему мнению, может в значительной степени снизить процент осложнений после транспедикулярного остеосинтеза.

В нашем исследовании мы применяли текстолитовые макеты позвонков, так как показатели модуля упругости, пределов прочности текстолита и костной ткани имеют незначительные различия [12].

Во всех случаях наступал перелом одного или нескольких транспедикулярных винтов в зоне максимальной концентрации напряжения. Деформаций и переломов продольных стержней выявлено не было. Увеличение безрезьбовой массивной части транспедикулярного винта при про-



Рис. 3

Стенд «Shenck PM» для динамических испытаний экспериментальных образцов

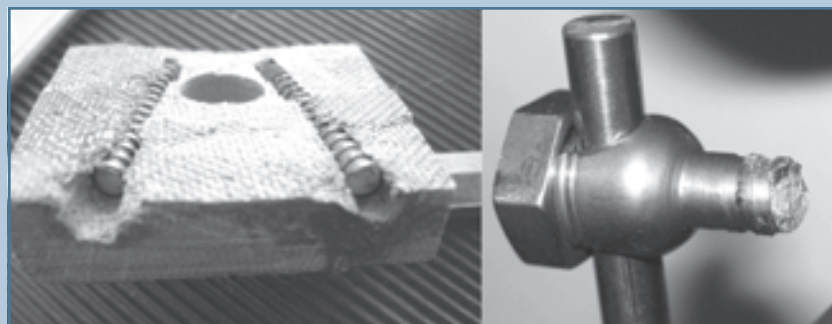


Рис. 4

Фотографии зон переломов винтов после испытаний

Таблица

Циклы до разрушения транспедикулярных фиксаторов в сериях и группах экспериментального исследования, n

Серия	Группа	
	контрольная	основная
1	59 780	75 321
2	58 984	74 965
3	59 346	75 154
4	59 124	74 678
5	58 670	75 213
6	58 847	74 398

изводстве не требует затрат и является технически простым решением задачи по повышению предела прочности транспедикулярной конструкции.

### Заключение

Проведенное исследование явилось научным обоснованием для моди-

фикации транспедикулярного винта. Предложенная модификация конструкции транспедикулярного винта статистически достоверно повышает предел прочности фиксатора, что, по нашему мнению, приводит к снижению числа осложнений после транспедикулярной фиксации и позволяет расширить показания для проведения транспедикулярно-

го остеосинтеза в изолированном виде.

Исследование подтверждает, что возможности метода транспедикулярной фиксации до конца не изучены и имеют большой потенциал для развития.

### Литература

- Аганесов А.Г., Месхи К.Т., Хейло А.Л. Хирургическое лечение травм позвоночника // IX съезд травматологов-ортопедов России: Тез. докл. Саратов, 2010. С. 567.
- Афаунов А.А. Транспедикулярный остеосинтез при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника (экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 2006. С. 109–110.
- Бакланов А.Н., Барченко Б.Ю. Трехуровневая транспедикулярная стабилизация // IX съезд травматологов-ортопедов России: Тез. докл. Саратов, 2010. С. 577–578.
- Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А. Хирургическое лечение переломов грудного и поясничного отделов позвоночника с использованием современных технологий // Хирургия позвоночника. 2004. № 3. С. 33–39.
- Дзукаев Д.Н., Крылов В.В. Осложнения при транспедикулярной фиксации позвоночника // Современные медицинские технологии и перспективы развития военной травматологии и ортопедии: Тез. докл. СПб., 2000. С. 98.
- Корнилов Н.В., Усиков В.Д. Повреждения позвоночника, тактика хирургического лечения. СПб., 2000. С. 88–149.
- Макаревич С.В., Воронович И.Р., Петренко А.М. Результаты коррекции внутренней транспедикулярной фиксации грудного и поясничного отделов позвоночника // VII съезд травматологов-ортопедов России: Тез. докл. Новосибирск, 2002. С. 92–94.
- Пат. № 101909 Российская Федерация. Устройство транспедикулярного винта / Сергеев К.С., Гусев В.В., Паськов Р.В.; заявл. 15.04.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4.
- Рамих Э.А., Атаманенко М.Т. Хирургические методы в комплексе лечения переломов грудного и поясничного отделов позвоночника // Вестн. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. 2003. № 3. С. 43–48.
- Рерих В.В., Борзых К.О., Рахматиллаев Ш.Н. Хирургическое лечение взрывных переломов грудных и поясничных позвонков, сопровождающихся сужением позвоночного канала // Хирургия позвоночника. 2007. № 2. С. 8–15.
- Рождественский С.В., Мирманов А.И., Карпов В.М. и др. Осложнения при оперативном лечении больных с повреждениями позвоночника // Хирургия позвоночника и спинного мозга. Новокузнецк, 1995. С. 222–227.
- Старовойтов Э.И. Соппротивление материалов. М., 2008.
- Усиков В.В., Усиков В.Д. Ошибки и осложнения внутреннего транспедикулярного остеосинтеза при лечении больных с нестабильными повреждениями позвоночника, их профилактика и лечение // Травматол. и ортопед. России. 2006. № 1. С. 21–26.
- Clinical Biomechanics of the Spine / Ed. by A White, M Panjabi. Philadelphia, 1990.
- Godlewski P, Twaróg Z, Mazurkiewicz T. Complications of transpedicular spine fixation and their causes. Ortop Traumatol Rehabil. 2004;6:222–226.
- Haiyun Y, Rui G, Shucui D, et al. Three-column reconstruction through single posterior approach for the treatment of unstable thoracolumbar fracture. Spine. 2010;35:E295–E302.
- Hakalo J, Wronski J. Complications of a transpedicular stabilization of thoraco-lumbar burst fractures. Neurol Neurochir Pol. 2006;40:134–139.
- Moses GC, Kollender Y, Sasson AA. Transpedicular screw-rod fixation in the treatment of unstable lower thoracic and lumbar fractures. Bull Hosp J Dis. 1993;53:37–44.
- Ohlin A, Karlsson M, Duppe H, et al. Complications after transpedicular stabilization of the spine. A survivorship analysis of 163 cases. Spine. 1994;19:2774–2779.
- Palmisani M, Gasbarrini A, Barbanti Brodano G, et al. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. Eur Spine J. 2009;18:S71–S74.
- Zdeblick TA, Sasso RC, Vaccaro AR, et al. Surgical treatment of thoracolumbar fractures. Instr Course Lect. 2009;58:639–644.

### References

- Aganesov AG, Meskhi KT, Heylo AL. [Surgical treatment of spinal injuries]. Proceedings of IX Congress of Traumatologists and Orthopaedists, Saratov, 2010:567. In Russian.
- Afaunov AA. [Transpedicular Osteosynthesis for Thoracic and Lumbar Spine Injuries (Experimental Clinical Study)]. Summary of the Doctor of Medicine Thesis. St. Petersburg, 2006:109–110. In Russian.
- Baklanov AN, Barchenko BYu. [Three-level transpedicular stabilization]. Proceedings of the IX Congress of Traumatologists and Orthopaedists. Saratov, 2010:577–578. In Russian.
- Vetrile ST, Kuleshov AA. [Surgical treatment for thoracic and lumbar spine fractures with modern technologies]. Hir Pozvonoc. 2004;(3):33–39. In Russian.
- Dzukaev DN, Krylov VV. [Complications of transpedicular fixation of the spine]. Proceedings of the Conference Current Medical Technologies and Prospects of Military Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, 2000:98. In Russian.
- Kornilov NV, Usikov VD. [Spine Injuries, and Surgical Treatment Approach]. St. Petersburg, 2000:88–149. In Russian.
- Makarevich SV, Voronovich IR, Petrenko AM. [Results of the thoracic and lumbar spine correction using internal transpedicular fixation]. Proceedings of the VII Congress of Traumatologists and Orthopaedists. Novosibirsk, 2002:92–94. In Russian.
- Sergeev KS, Gusev VV, Pas'kov RV. [Transpedicular screw device]. RU Patent 101909, filed 15.04.2010, publ. 10.02.2011. In Russian.
- Ramih EA, Atamanenko MT. [Surgical methods in the complex of treatment of thoracic and lumbar



- spine fractures]. Vestnik Travmatologii i Ortopedii. N.N. Priorova. 2003;(3):43–48. In Russian.
10. Rerih VV, Borzyh KO, Rahmatillaev ShN. [Surgical treatment of burst fractures of the thoracic and lumbar spine accompanied with spinal canal narrowing]. Hir Pozvonoc. 2007;(2):8–15. In Russian.
  11. Rozhdestvenskiy SV, Miromanov AI, Karpov VM, et al. [Complications of surgical treatment of patients with spinal injuries]. In: Surgery of the Spine and Spinal Cord. Novokuznetsk, 1995:222–227. In Russian.
  12. Starovoytov EI. [Strength of Materials]. Moscow, 2008. In Russian.
  13. Usikov VV, Usikov VD. [Errors and complications of internal transpedicular osteosynthesis in treatment of patients with unstable spinal injuries, their prevention and treatment]. Travmatologia i Ortopedia Rossii. 2006;(1):21–26. In Russian.
  14. Clinical Biomechanics of the Spine / Ed. by A White, M Panjabi. Philadelphia, 1990.
  15. Godlewski P, Twaróg Z, Mazurkiewicz T. Complications of transpedicular spine fixation and their causes. Ortop Traumatol Rehabil. 2004;6:222–226.
  16. Haiyun Y, Rui G, Shucan D, et al. Three-column reconstruction through single posterior approach for the treatment of unstable thoracolumbar fracture. Spine. 2010;35:E295–E302.
  17. Hakalo J, Wronski J. Complications of a transpedicular stabilization of thoraco-lumbar burst fractures. Neurol Neurochir Pol. 2006;40:134–139.
  18. Moses GC, Kollender Y, Sasson AA. Transpedicular screw-rod fixation in the treatment of unstable lower thoracic and lumbar fractures. Bull Hosp J Dis. 1993;53:37–44.
  19. Ohlin A, Karlsson M, Duppe H, et al. Complications after transpedicular stabilization of the spine. A survivorship analysis of 163 cases. Spine. 1994;19:2774–2779.
  20. Palmisani M, Gasbarrini A, Barbanti Brodano G, et al. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. Eur Spine J. 2009;18:S71–S74.
  21. Zdeblick TA, Sasso RC, Vaccaro AR, et al. Surgical treatment of thoracolumbar fractures. Instr Course Lect. 2009;58:639–644.

**Адрес для переписки:**

Гусев Владислав Владимирович  
629804, Ноябрьск,  
ул. Муравленко, 6, кв. 21,  
gusev.v@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.01.2011

В.В. Гусев, травматолог-ортопед, Центральная городская больница, Ноябрьск; К.С. Сергеев, д-р мед. наук, проф.; Р.В. Паськов, канд. мед. наук, Тюменская государственная медицинская академия, Тюменский областной травматолого-ортопедический центр.  
V.V. Gusev, traumatologist-orthopedist, City Central Hospital, Noyabrsk; K.S. Sergeev, MD, Prof.; R.V. Pas'kov, PhD in Medicine, Tyumen State Medical Academy, Tyumen Regional Centre for Traumatology and Orthopaedics.